

原著論文

受付：2020. 9.30  
受理：2020.10.13

東京都における高齢者の熱中症発生と気候との関係  
— 2010年夏季を事例として —

松 本 太

日本福祉大学 教育・心理学部

横 山 仁

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

Relationship between incidence of heat disorders and climate in the elderly  
in Tokyo  
— A case study of the summer of 2010 —

Futoshi Matsumoto

Faculty of Education and Psychology, Nihon Fukushi University

Hitoshi Yokoyama

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

**Abstract:** In this study, climatic factors and regional characteristics of the incidence of heat disorders in elderly people (65 over ages) in July – September for Tokyo were investigated, 2010.

65 over ages are more vulnerable to heat than younger people and tend to have more severe heat disorders. It was considered that incidence of 65 over ages related to the regional climatic environment because they occurred mainly in daily activities. Incidence rate of 65 over ages in the wards area are higher than those in the suburbs of Tokyo. Relatively significant positive correlation was observed between the incidence rate and daily maximum WBGT (wet-bulb globe temperature). It was clarified that the Tokyo Bay area is under a harsh thermal environment as with an inland area because high humidity impacted increasing daily maximum WBGT.

**Keywords:** elderly people (65 over ages), heat disorder, climatic factor, thermal environment, WBGT (wet-bulb globe temperature)

高齢者, 熱中症, 気候要因, 暑熱環境, WBGT (湿球黒球温度)

I はじめに

近年, 東京では真夏日や熱帯夜などが増加し, 快適性が損なわれ, 熱中症が多発する傾向がみられる。それには, 地球温暖化だけではなく, ヒートアイランドの関与も指摘されている (井原・玄地, 2008)。こうした中,

IPCC (気候変動に関する政府間 パネル) や C40 (世界大都市気候先導グループ) などでは, 気候変動に対する施策展開の重要性が指摘され, 国だけではなく, 各自治体レベルでも実態に即した暑熱対策が求められている。そのためには, 熱中症発生に及ぼす気候要因について,

地域の特徴を把握する必要がある。特に高齢者の熱中症は深刻化し、社会的問題にもなりつつあり、その対策は喫緊の課題である。また、東京では2021年夏季にオリンピック・パラリンピックが開催される。国内外から多くの競技関係者や観客が集まると予想されるが、猛暑による熱中症発生が懸念され、その対策は不可欠である。

熱中症発生の地域的特徴については、入来・橋本(2006)の山梨県と北海道の比較、横山・福岡(2010)の日本各地における熱中症発生傾向、星ほか(2007)の東京都と千葉市の比較、星ほか(2010)の都道府県における熱中症死亡の地域差などの研究がある。しかし、1都道府県以下の小スケールで、地域内における熱中症発生の気候的要因について、解析した研究は少ない。赤塚ほか(2014)は山梨県内6地域における熱中症発生の地域特性を解析しているものの、気候的要因については気温のみの解析であり、詳述されていない。また、藤野(2013)では、埼玉県内の熱中症発生について、さいたま市、熊谷市におけるアメダスデータを用いて気候的要因を分析しているが、その他の市町村では解析されておらず、地域の特徴に関しては考察の余地がある。これらの理由として、一地域内において、気温以外の暑熱環境を表わすための湿度や風などの気候要素に関する測定地点が少ないことが挙げられる。

そこで、本研究では、暑熱対策の基礎資料とすることを目的として、過去に最も被害が深刻であった2010年夏季の東京都における熱中症発生と気候的要因の地域的特徴について、特に高齢者に着目し解析した。

2010年は、東京管区气象台において、日最高気温35℃以上の猛暑日が過去最多の13日を記録し、東京都だけで4834人が熱中症のため救急搬送された。東京都監察医務院の報告では、熱中症が原因とみられる死亡者数は210人で過去最多であった。なお、高齢者の熱中症には、各自治体消防署の救急車所有率、高齢者の独居、民生委員の数などの社会的要因についても関連が指摘されているが(藤野, 2013)、本稿では、主として熱中症の最大要因である温度指標に着目し、解析をすすめた。

## II 研究方法

### 1. 熱中症の定義

熱中症は、高温環境に曝露されることによって、あるいは激しい労働や運動によって体温が上昇し、同時に体

内の水分や塩分のバランスが崩れ、体内に備わった体温調節機能が破綻するなどの原因で起きる症状である。熱中症のタイプは、高温環境下での日常生活の中で起きる「非労作性(古典的)熱中症」と、スポーツや仕事などの活動中に起きる「労作性熱中症」に大別される。

症状別では、現在、I度・II度・III度のように分類されている。従来の分類では“熱失神、熱けいれん、熱疲労、熱射病”の4分類で、各々が固定した病態と考えられがちであったが(安岡ほか, 1999)、臨床医療の現場で混乱を招くため、2001年に日本神経救急学会により、現在の分類に改定された。I～III度分類では、連続した数字で表されることにより、熱中症が軽症型から重症型まで連続した病態で、安易に放置あるいは誤った治療をすれば、数分あるいは数十分の単位で重症化し死亡にいたる、という認識を持つ上で役立つと考えられている(安岡, 2011, 2012)。また、重症症例の早期発見に役立ち、さらに誤診医療事故の防止に有用であるとされている。

熱中症発生には気温以外にも湿度、放射、気流(風)などの要素が関係すると考えられ、体感的な暑熱環境を考慮に入れる必要がある。例えば、気温が制御された体育館でも、湿度が高いため熱中症で搬送された事例もある。屋外では日射が皮膚温上昇等に影響するため、体感的な暑さが助長される。

そこで、本研究では温度指標として、小野(2009)を参考に日最高気温、ならびに気温、湿度、放射、気流を考慮した指標であるWBGT(Wet-bulb globe temperature, 湿球黒球温度)を用いた。日本の環境省や一部の地方自治体では、それを暑さ指数と称し、熱中症警戒情報として採用している。WBGTは下記の式(1)および式(2)により算出される。日本生気象学会(2013)では、WBGTを用いて、日常生活における熱中症リスクの「温度基準」を、「危険」(31℃以上)、「嚴重警戒」(28℃以上31℃未満)、「警戒」(25℃以上28℃未満)、「注意」(25℃未満)の4段階に設定している。

$$(\text{屋外}) \text{WBGT} (^\circ\text{C}) = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T_d \quad (1)$$

$$(\text{屋内}) \text{WBGT} (^\circ\text{C}) = 0.7T_w + 0.3T_g \quad (2)$$

$T_w$ : 自然湿球温度(℃),  $T_g$ : 黒球温度(℃),  $T_d$ : 乾球温度(℃)

本研究では式(1)を用いた。ただし黒球温度は測定されていないため、過去に環境省のWBGT算出の際、採用された以下の式(登内・村山, 2008)より推定した。なお、自然湿球温度は、気温と相対湿度から換算した。

$$T_g = T_d + 12.1 + 0.0067 \times S - 2.40 \times U^{1/2} \quad (S > 400 \text{ W/m}^2 \text{ のとき}) \quad (3)$$

$$T_g = T_d - 0.3 + 0.0256 \times S - 0.18 \times U^{1/2} \quad (S \leq 400 \text{ W/m}^2 \text{ のとき}) \quad (4)$$

$T_d$ : 乾球温度(°C),  $T_g$ : 黒球温度(°C),  $S$ : 全日射量(W/m<sup>2</sup>),  $U$ : 風速(m/s)

## 2. 解析に用いた資料

熱中症の救急搬送者数については、東京消防庁の熱中症患者の救急搬送に関するデータを使用した(以下搬送者数と記す)。ただし、島嶼部、稲城市は含まれていない。島嶼部および稲城市は独自に消防本部を持っており、東京消防庁の管轄外のため、熱中症発生状況は把握できていないからである。解析対象期間は、梅雨明けの2010年7月17日から9月16日までの2ヶ月間とした。解析に用いた項目は、患者の年齢、搬送日時、発生区市町村、発生場所の種類、重症度である。

気象データについては、上記の期間における東京管区気象台および大気汚染常時監視局の気温、相対湿度、風向風速、全日射量の観測値を利用した。なお全日射量は、東京管区気象台のデータを、東京都全体の代表値とした。大気汚染常時監視測定局のデータについては、欠測時間やエラー値や、緑地内に位置する場合を除いた一般局35地点(図1)の観測値を使用した。また、1つの区市町村で、複数の測定局がある場合は、それらの観測値を平均し、解析に用いた。

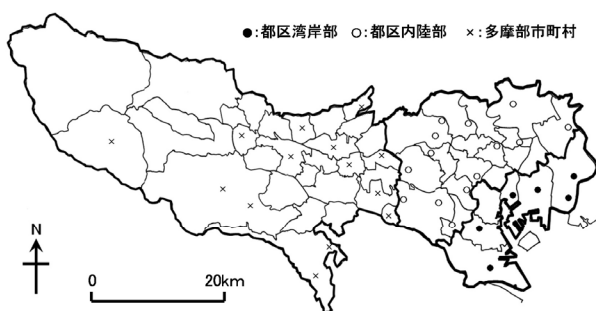


図1 気象解析を行った大気汚染常時監視測定局

これらの測定局データを用いた理由は、アメダス(島嶼部を除く都内11箇所)では測定されていない、湿度のデータを有しているからである。なお、解析を行う際、都区(23区)のうち、東京湾に面している江戸川区、江東区、中央区、港区、品川区、大田区の6区を都区湾岸部、それ以外の17区を都区内陸部、都区以外の市町村を多摩部市町村とした。

## 3. 解析方法

熱中症の搬送者数を解析する際、年齢区分については、生活形態を考慮して、0～18歳、19～64歳、65歳以上の3階級とし、65歳以上を高齢者とした。日本の場合、19～64歳までの年齢層は所謂「生産年齢」として活動の中心が職場等であるが、65歳以上は仕事の定年退職などにより、自宅を中心に活動する機会が多くなると考えられる。なお、WHO(世界保健機関)では、65歳以上を高齢者と定義している。よって本研究では、65歳以上を高齢者と定義した。また、年齢別、区市町村別の熱中症発生率に関しては、これらの搬送者数を各々の全人口で割り、100万人当たりの搬送者数として算出した。

## Ⅲ 結果

### 1. 2010年における熱中症の発生状況

図2に2010年夏季の東京都における熱中症搬送者数と東京管区気象台における日最高気温および日最高WBGTの推移を示す。搬送者数は、期間全体で4,432人であった。梅雨明けの7月17日以降、急激なWBGTの上昇に伴い、搬送者数が増加している。期間を通して高齢者の搬送者数が多く、割合が50%近くを占めてい

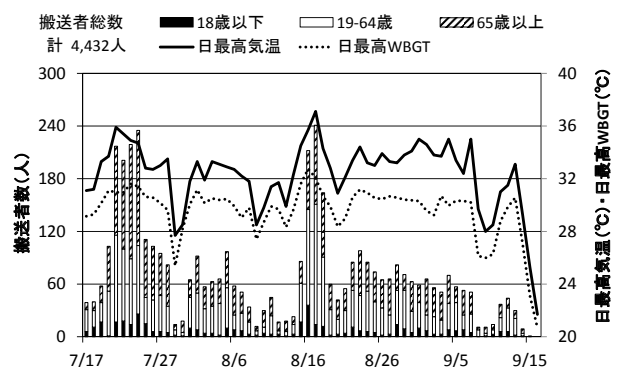


図2 東京都における熱中症の救急搬送者数、日最高気温、日最高WBGTの推移(2010年7月17日～9月16日)

る。また、搬送者数のピークは、7月21日～24日、8月16日～18日の二峰性を示し、その殆どが日最高気温35℃以上の猛暑日で、日最高WBGTは31℃以上（危険レベル）であった。日最高気温37.1℃、日最高WBGT32.1℃を記録した8月17日には、241人と最も多い搬送者数であった。8月20日以降も、高温の日が続いたものの、日最高WBGTは31℃未満で、搬送者数は100人をこえることはなかった。

図3に時刻別の熱中症搬送者数を年齢階級ごとに示す。搬送者数は、どの年齢層も、気温やWBGTが高い11～16時に350人を超えている。高齢者は12時、19～64歳は15時、18歳以下は14時にピークがみられる。18歳以下はほとんど日中に発症しているのに対し、19歳以上は、22時から8時までの夜間から早朝にかけても発症し、早朝では高齢者の発症率がやや高い。

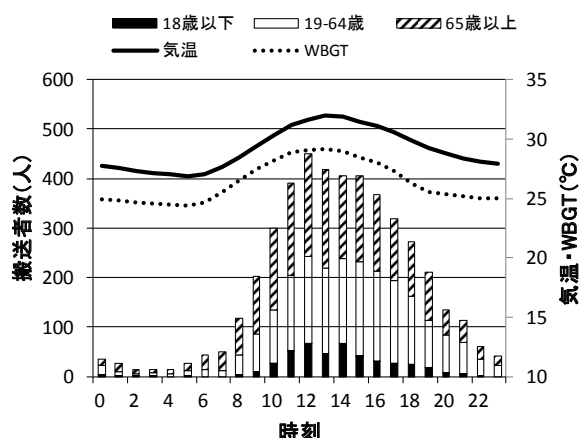


図3 東京都における時刻別にみた年齢階級ごとの熱中症搬送者数  
(2010年7月17日～9月16日)

図4に重症度別の熱中症搬送割合を、年齢階級ごとに示す。18歳以下では軽症が72%を占めていたのに対し、高齢者では中等症以上が61%を占めており、年齢階級が高くなるほど、中等症以上の熱中症の割合が高くなった。

図5に発生場所別の熱中症搬送割合を、年齢階級ごとに示す。高齢者の発生場所は、住宅の割合が63%と極めて高い。一方、18歳以下では運動場、学校での発生率が54%を占め、19～64歳では住宅、道路に次いで、会社・工場等、建築・工事現場での発生率が20%と、他の年齢層より高い割合であった。前者に関しては

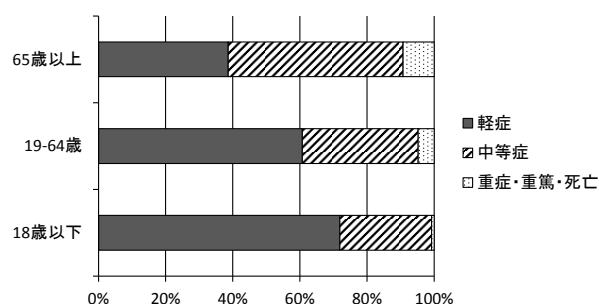


図4 重症度別にみた年齢階級ごとの熱中症搬送割合  
(2010年7月17日～9月16日)

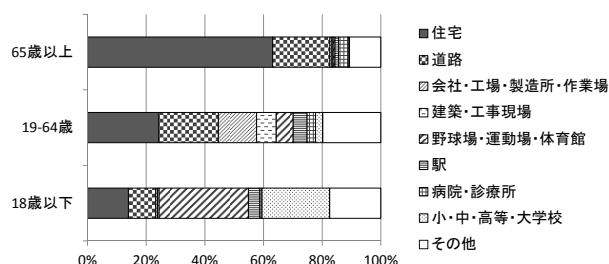


図5 発生場所別にみた年齢階級ごとの熱中症搬送割合  
(2010年7月17日～9月16日)

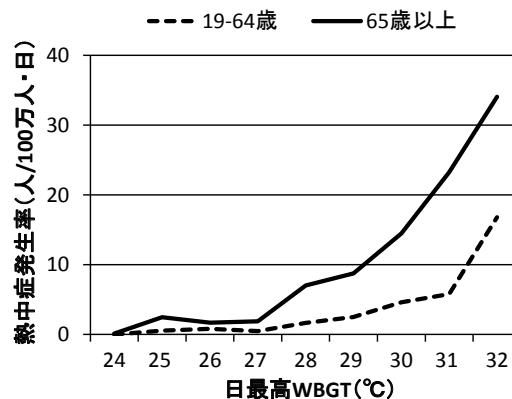
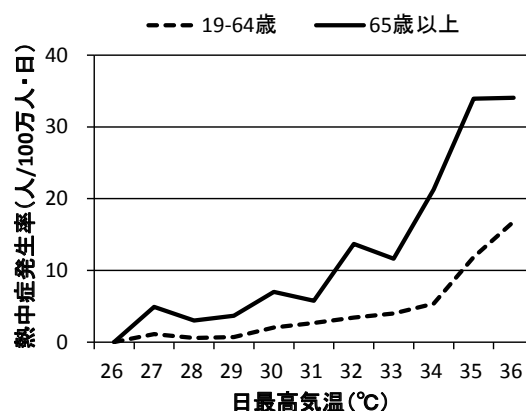


図6 東京都における日最高気温別および日最高WBGT別の年齢階級ごとの熱中症発生率  
(2010年7月17日～9月16日)



就学中やスポーツ活動時に、後者に関しては就業中における発症が多いことがうかがえる。また、これらの年齢層では、駅での発生率が高齢者より高く、通学時、通勤時などを含め、移動途中における発症が示唆される。

図6に東京都における日最高気温別および日最高WBGT別の人口100万人当たりの熱中症発生率を年齢階級ごとに示す。両図とも高齢者の発生率は、19～64歳よりも高く、日最高気温の上昇に対しては、振幅を伴い増加するのに対し、日最高WBGTに対しては、滑らかな増加曲線を示した。また、高齢者の発生率は、日最高WBGTが28℃以上になると、急増する傾向が明確に認められた。

## 2. 熱中症搬送者数の地域的な分布

図7に、2010年夏季の東京都における人口100万人当たり的高齢者の熱中症発生率を区市町村別に示す。熱中症発生率は、相対的に都区部で高く、多摩部市町村で低い傾向がみられた。特に黒で示した1000人以上の地域は、西東京市と品川区を除くと、概ね都区北東部（足立区、荒川区等）から中央部（新宿区、中野区等）にかけて分布している。

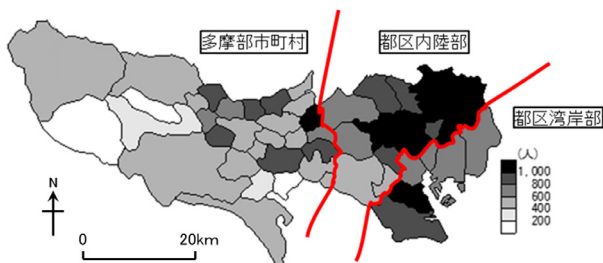


図7 区市町村別の高齢者の熱中症発生率  
(人口100万人当たり)  
(2010年7月17日～9月16日)

図8に、大気汚染常時監視測定局を有する30区市町村における人口100万人当たりの高齢者の熱中症発生率と日最高気温および日最高WBGTの期間平均値との関係を示す。熱中症発生率と日最高気温との対応は、ややばらつきが見られ、相関係数は0.64 ( $p < 0.01$ )であった。この地域的特徴として、都区湾岸部、都区内陸部でまとまる傾向を示した。一方、熱中症発生率と日最高WBGTとの対応を見ると、日最高気温の場合より、ばらつきが小さく、相関係数は0.76 ( $p < 0.01$ )と高い値であった。都区部は、概ね右上に集まっているが、

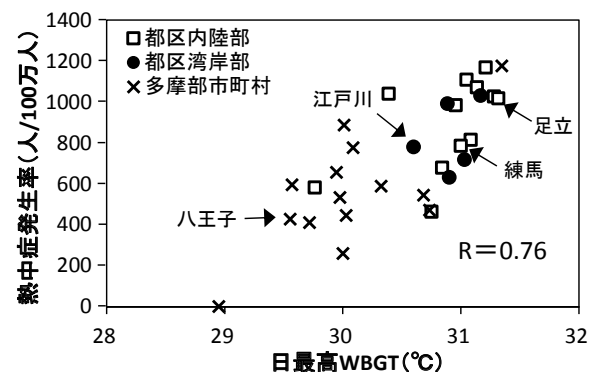
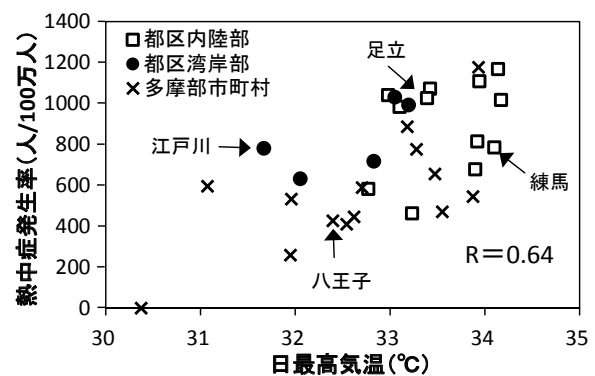


図8 気象測定局のある区市町村における高齢者の熱中症発生率と日最高気温および日最高WBGTの期間平均値との関係  
(2010年7月17日～9月16日)

湾岸部と内陸部とで明確な違いは認められない。すなわち、都区内陸部では日最高気温と日最高WBGTで変化がないが、湾岸部は日最高WBGTの値が日最高気温より右方へ移動している。例えば、日最高気温でみると都区で最も低い湾岸部の江戸川区(31.7℃)の値は、2番目に高い内陸部の練馬区(34.1℃)と差が大きい。熱中症発生率は約800人で近似し、日最高WBGTの値も近かった。また、都区内陸部の足立区では練馬区よりも日最高気温は低い、日最高WBGTが都区で最も高く、熱中症発生率も高かった。一方、多摩部市町村は概ね左下にまとまる傾向がみられた。八王子市はこの地域で最も人口が多いが、日最高気温、日最高WBGTの値が相対的に低く、熱中症発生率も低かった。

## IV 考察

### 1. 高齢者の熱中症発生に関する気候的要因

図4のように、年齢層が高いほど、熱中症が重症化する傾向がみられる。65歳以上の高齢者は、発汗能や口渴感等、体温調節機能が低下するため、熱中症を発症

しやすいとされる（日本生気象学会，2013）．さらに，高齢者には，基礎疾患を持つ者が多い，生理的機能の衰えにより暑さを感じにくい，水分補給が少ない，冷房を好まないなどの特性がみられ，自分でも気が付かないうちに重症化している．岡山ほか（1996），田原ほか（2015）では，高齢者の水分出納を調査し，日常生活や睡眠中における水分不足（脱水症）の可能性が指摘されている．このことが，図3で夜間や早朝における高齢者の搬送者数の割合が高い一因となっている可能性もある．さらに高齢者は，夏季における暑熱馴化が円滑に進まない場合のあることが報告されている（井上，2004）．

図5によると，東京都における高齢者の熱中症搬送割合は，住宅での発生割合が高く，日常生活時の発生が多いと判断されることから，概ね古典的熱中症であることが示唆される．一方，18歳以下では就学中やスポーツ活動時に，19～64歳では就業中の発生率が高いと判断されることから，両年齢層の熱中症に関しては，労作性熱中症が多いものと推察される．同様の見解は，Iriki and Simon（2006）や星ほか（2007）などの先行研究でも報告されている．

図6によると，高齢者の熱中症発生率は，19～64歳に比べて，同じ温度指標の値でも，約2倍前後の高い割合で推移しており，暑熱環境に脆弱であると考えられる．特に，日最高 WBGT が 28℃以上になると，高齢者の熱中症発生率が急増する傾向が明確に認められた．これは，岩田ほか（2008），星・稲葉（2005）の傾向と類似している．また，日最高 WBGT との関係の方が，日最高气温より対応が滑らかで振幅が少ないことから，湿度や放射，気流を考慮に入れた WBGT が良好な指標となることが示唆される．

以上のことから，高齢者の熱中症に関しては，他の年齢層に比べ暑熱に脆弱であり，日常生活時に発症していることなどから，高齢者は，居住地域の気候環境により大きな影響を受けている可能性が推察される．

## 2. 気候的要因からみた高齢者の熱中症発生の地域的特徴

図7の解析結果から，高齢者の発生率が相対的に都区部で高く，多摩部市町村で低い要因として，両地域における暑熱環境の違いが推察される．これには，ヒートアイランド（都心の昇温）の関与も考えられるが，図8で発生率と日最高 WBGT との間で比較的強い相関がみ

られたことから，気温以外の要素についても関与が示唆される．その傾向は，都区部において顕著にみられた．すなわち，都区部では，日最高气温が低くても WBGT が高いため発生率が高い場合や，その逆のパターンが存在する．都区の湾岸部では，内陸部に比べ，日最高气温が低い傾向があるが，発生率に明確な差は認められない．特に日最高气温の値が都区部で最も低い江戸川区（31.7℃）と2番目に高い練馬区（34.1℃）における発生率が，ともに約800人で近似しており注目に値する．一方，両区における日最高 WBGT は近い値であった．

そこで，練馬区（都区内陸部），江戸川区（都区湾岸部）における人口100万人当たり的高齢者の熱中症発生率を日最高气温別および日最高 WBGT 別にもとめた．同様に，これらの環境温度が高く，搬送者数も多い足立区（都区内陸部）と，その逆の傾向を示す八王子市（多摩部市町村）についても併せて解析した．その結果を図9に示す．

各地点とも，熱中症発生率は，日最高气温，日最高 WBGT の上昇とともに増加している．日最高气温に関

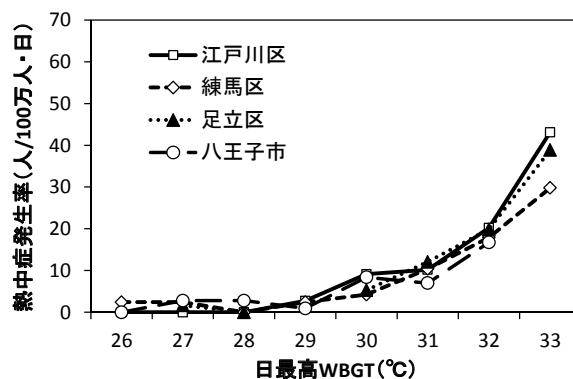
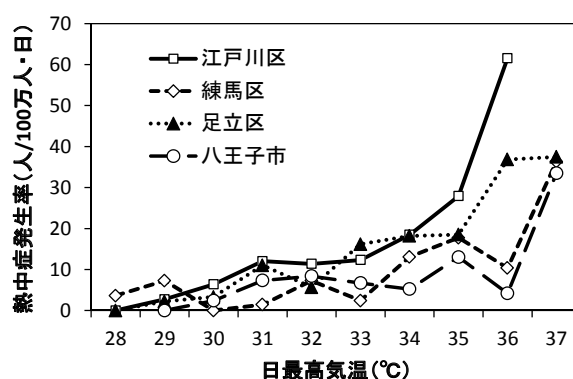


図9 練馬区、江戸川区、足立区、八王子市における日最高气温別および日最高 WBGT 別の高齢者の熱中症発生率（2010年7月17日～9月16日）

しては、35℃以上で江戸川区の増加曲線の勾配が他の地域よりも急激であった。ただし、これに関しては、特に猛暑であった2010年に限定した現象である可能性が考えられ、今後複数年での検討が必要である。一方、日最高 WBGT の上昇に伴う発生率の増加傾向は、江戸川区がやや急激であるものの、日最高気温の場合よりも、4 地点は比較的まとまっている。この要因として、湿度の関与が推察される。

以上のことから、東京都における熱中症発生に関しては、日最高気温よりも、日最高 WBGT を用いて評価することで、湾岸部と内陸部の地域差を考慮する必要のないことが示唆される。同様の見解は、星ほか（2007）の東京都と千葉市における熱中症発生の比較でもみられたが、都区域内での比較で確認されたのは、新しい知見である。星ほか（2007）によれば、東京都より日最高気温が低い千葉市において、日最高気温時の WBGT 上昇に伴う搬送者数の増加傾向が類似している一因として、千葉市の湿度が高いことを挙げている。

都区湾岸部においては、海風の影響もあり、相対的に日最高気温が低い傾向が、多くの先行研究で報告されている（三上ほか、2004；赤坂ほか、2009；横山ほか、2010 など）。しかし、湾岸部は、必ずしも体感的に涼しい環境とはいえず、高湿度の影響により、厳しい暑熱環境にあるといえる。逆に都区内陸部で熱中症発生率の低い地域では、湾岸部より日最高気温が高いものの、湿度が低いため日最高 WBGT は低い傾向が見られ、これは、冷湿な海風の進入が少ないためであると考えられる。以上のことは、都区部において、警戒すべき熱中症発生の気候的要因が、ヒートアイランドだけではないことを意味する。

そこで、以上の推察を検証するために、図 10 に練馬区、江戸川区、足立区、八王子市における気温、WBGT、および湿球温度について、調査期間内における時刻別平均値を求め、その日変化を示し、人口 100 万人当たりの熱中症発生率と比較した。各地点とも、黒球温度については、気温と近似するため、図示は省略した。

江戸川区では、日中において、相対的に気温は低いが、湿球温度が高く推移するため、WBGT が練馬区と近い値になる。発生率をみると、練馬区では、気温、WBGT が高値を示す 12 時頃をピークとした山型であったが、江戸川区では、練馬区ほど明確なピークはなく、

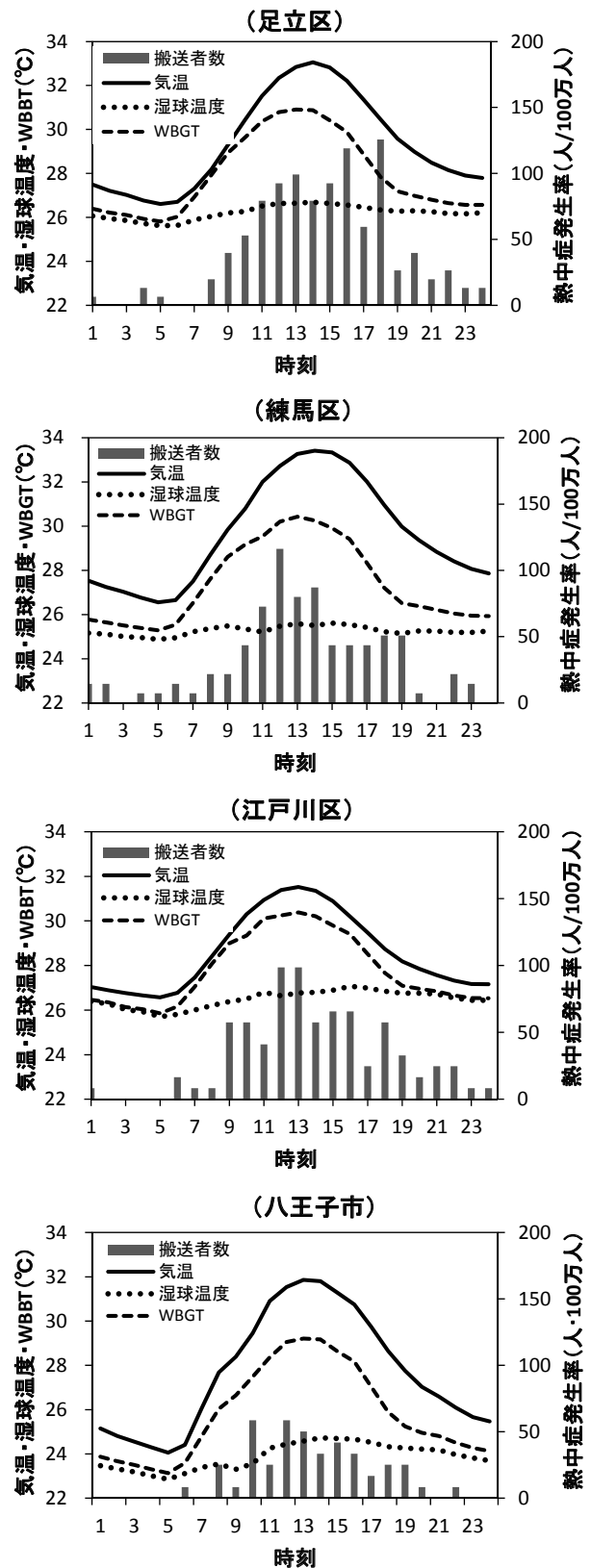


図 10 練馬区、江戸川区、足立区、八王子市における気温、WBGT、湿球温度、および高齢者の熱中症発生率の日変化（2010 年 7 月 17 日～9 月 16 日の平均値）

夕方以降緩やかに減少する傾向がみられた。両区における発生率の変化は、WBGTの日変化と類似している。江戸川区の傾向に関しては、夕方以降も湿球温度が26℃以上と高温な状態が続き、WBGTの低下も緩やかなことが要因として考えられる。同区では、熱中症警戒の基準で、「嚴重警戒」に該当するWBGT28℃以上が10.4時間であり、練馬区より1時間以上も長い。

また、足立区に関しては、夕方にも熱中症が多発しており、WBGT28℃以上が10.8時間であった。この要因としては、夕方以降、湿球温度が26℃の高温で、かつ気温が28℃以上と高く推移し、WBGTの高い状態が続くためであると考えられる。以上の地域では、暑熱への長時間曝露が熱中症発生に関与している可能性が十分考えられる。

一方、八王子市における気温、WBGTの最高値は他地点よりやや低いものの、気温は32℃近くまで上昇する。しかし、熱中症の発生率は、他地点よりもかなり低く、昼間時間帯での発生が殆どである。この要因として、八王子市では気温、WBGTの日較差が大きく、夕方以降は気温、WBGTともに急激に下がること、また、WBGT28℃以上の曝露時間が6.8時間と他の地域よりかなり短く、時間帯としては11時～16時であることなどか考えられる。

以上のことから、WBGT 28℃以上の暴露時間に関しても、熱中症発生に影響を及ぼしている可能性が考察される。

なお、これまで東京都における高齢者の熱中症発生に関する気候的要因や、その地域的特徴について論述してきたが、本研究で得られた結果や考察は、あくまで2010年に限定していえることであり、一般化できるものではないと考えられる。しかし、複数年のデータを追加し、解析や検証を行えば、それらは一般化できる可能性があり、今後の課題としたい。

## V まとめ

本研究では、夏季の東京都における高齢者の熱中症発生に関する気候的要因、およびその地域的特徴について、過去に猛暑により最も被害が深刻であった2010年に限定し、検討した。その結果、以下の知見を得た。

(1) 高齢者は、若年層に比べ、暑熱に対して脆弱で、熱中症が重症化する傾向がみられる。また、高齢者の場

合、日常生活時における発症が多いことなどから、居住地域の気候環境に影響を受ける可能性が高いものと考察された。

(2) 高齢者の熱中症発生率は、都区部で高く、多摩部市町村で低い傾向がみられ、日最高WBGTとの相関が日最高気温との相関より高い。熱中症発生の気候的要因として、日最高気温よりも、日最高WBGTを用いて評価する方が有効であることが確認された。

(3) (2)の評価により、都区の湾岸部と内陸部における熱中症発生に関する気候的要因の違いも説明できる。すなわち湾岸部では、高温湿度の影響により、内陸部と同様、日最高WBGTが高く、厳しい暑熱環境にあることが明らかとなった。ただし、これは特に2010年に限定した現象である可能性がある。

(4) 高齢者の熱中症発生に関する気候的要因として、WBGT 28℃以上の曝露時間が関与している可能性も推察された。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、東京消防庁に熱中症救急搬送者数のデータを提供いただきました。厚くお礼申し上げます。

## 文献

- 赤坂郁美・安藤晴夫・横山 仁 (2009)：東京における夏季と冬季の気温日変化の地域特性－2002～2004年度、2007～2008年度の観測結果から－。東京都環境科学研究所年報 2009, 26-32.
- 赤塚 慎・宇野 忠・堀内雅弘 (2014)：山梨県における熱中症発生の地域特性。日本生気象学会雑誌, 51 (1), 23-36.
- 井上芳光 (2004)：こどもと高齢者の熱中症予防策。日本生気象学会雑誌, 41 (1), 61-66.
- 井原智彦・玄地 裕 (2008)：被害算定型ライフサイクル影響評価手法によるヒートアイランド現象の環境影響評価。日本建築学会環境系論文集, 73, 1407-1415.
- 入来正躬・橋本眞明 (2006)：熱中症発生の地域差－山梨県と北海道の比較から－。日本生気象学会雑誌,



- 43 (1), 23-33.
- 岩田充永・梅垣宏行・葛谷雅文・北川喜己 (2008) : 高齢者熱中症の特徴に関する検討. 日本老年医学会誌, 45, 330-334.
- 岡山寧子・木村みさか・奥野 直・森本武利 (1996) : 夏期における高齢者の水分代謝. 日本生気象学会雑誌, 33 (4), 147-155.
- 小野雅司 (2009) : 地球温暖化と熱中症. 地球環境, 14 (2), 263-270.
- 田原育恵・分木ひとみ・南 和広・寄本 明 (2015) : 夏季における高齢者の日常活動時と夜間睡眠時の水分出納. 日本生気象学会雑誌, 52 (3), 67.
- 登内道彦・村上貢司 (2008) : 熱中症危険度の地域特性とHWDI. 日本生気象学会雑誌, 45, 62.
- 日本生気象学会 (2013) : 『日常生活における熱中症予防指針 Ver.3 確定版』.
- 藤野 毅 (2013) : 夏季における埼玉県内の熱中症搬送者の特徴と対応. 埼玉大学工学部紀要, 46, 13-20.
- 星 秋夫・稲葉 裕 (2005) : 暑熱障害における高齢者の特徴—新聞記事の事例から—. 日本歯科大学紀要, 35, 69-74.
- 星 秋夫・稲葉 裕・村山貢司 (2007) : 東京都と千葉市における熱中症発生の特徴. 日本生気象学会雑誌, 44 (1), 3-11.
- 星 秋夫・中井誠一・金田英子・山本 享・稲葉 裕 (2010) : わが国における熱中症死亡の地域差. 日本生気象学会雑誌, 47 (4), 175-184.
- 三上 岳彦・安藤晴夫・横山 仁・山口隆子・石井康一郎・塩田 勉・森島 済・小島茂喜・泉 岳樹 (2004) : 東京都区内における夏期ヒートアイランドの時空間変動. 東京都環境科学研究所年報 2004, 11-17.
- 安岡正蔵・赤居正美・有賀 徹・斎藤 勇・渡会公治・川原 貴 (1999) : 熱中症 (暑熱障害) I～III 度分類の提案 熱中症新分類の臨床的意義. 救急医学, 23 (9), 1119-1123.
- 安岡正蔵 (2011) : 裁判事例にみる熱中症 I～III 度分類の重要性. 第15回バイオクリマ研究会研究発表会講演要旨集, 20-24.
- 安岡正蔵 (2012) : 熱中症の概念と重症度分類. 日本医師会雑誌, 141 (2), 259-263.
- 横山 仁・安藤晴夫・大久保さゆり・赤坂郁美・高橋一之 (2010) : 夏期における東京都内の気温分布について—2007 年～2009 年における観測結果—. 東京都環境科学研究所年報 2010, 45-49.
- 横山太郎・福岡義隆 (2006) : 日本各地における熱中症発生の頻度とその傾向に関する研究. 日本生気象学会雑誌, 43 (4), 145-151.
- Bracker, M.D. (1992) : Environmental and thermal injury. Clin Sports Med, 11, 419-436.
- Iriki, M. and Simon, E. (2006) : Disorder in Yamanashi Prefecture during the Summer from 1995 to 2004. Industrial Health, 44 (3), 445-457.